



УДК 622.248.5

ANALYSIS OF METHODS OF LIQUIDATION OF OPEN GAS AND OIL FOUNTAINS

¹ D.V.RYMCHUK, ² V.S.TSYBULKO

¹ National Technical University "Kharkiv Polytechnic Institute", Kharkiv, Ukraine

² SK «Region»

* e-mail: Anastasia.kushch@ukr.net

АНАЛІЗ МЕТОДІВ ЛІКВІДАЦІЇ ВІДКРИТИХ НАФТОВИХ І ГАЗОВИХ ФОНТАНІВ

¹ Д.В.Римчук, ² В.С.Цибулько

¹ Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»

² СК «Регіон»

* e-mail: Anastasia.kushch@ukr.net

ABSTRACT

Purpose. The article comprehensively considers the types, causes and methods of liquidation of open fountains.

Methods. A literary review of known technical solutions for the elimination of open fountains. All methods of liquidation of open gas and oil fountains are analyzed. **Findings.** The principles of estimation of efficiency of machines on cost of a life cycle are offered in the work.

Originality. the article informs specialists of the oil and gas industry with the methods of elimination of gas and oil fountains.

Practical implications. the scheme of the gushing well, which shows the path of the gushing fluid at different conditions of the mouth. Classification of open gas and oil fountains is carried out

Practical implications. Strategies for the elimination of open gas and oil fountains are presented

Keywords: open fountain, method, directional well, mouth, sealing, jamming, siege column, packer, burilni pipe, fluid, underground nuclear explosion.

Постановка проблеми у загальному вигляді. Відкритий фонтан – це безперервне, некероване і неконтрольоване витікання із свердловини пластового флюїду через відсутність, втрату герметичності або руйнування гирлового обладнання, а також внаслідок негерметичності або руйнування обсадних колон.

Схема фонтануючої свердловини показана на рис.1.

Відкриті фонтани – складні аварії, що часто набувають характеру стихійного лиха і потребують для ліквідації великих матеріальних витрат, надлюдських зусиль; ускладнюють діяльність бурових, газонафтовидобувних підприємств, а також промислових, сільськогосподарських господарств, населених пунктів, що розташовані поблизу місця виникнення.

Важливим є те, що під час аварійних ситуацій відбувається катастрофічне забруднення приземного шару атмосфери, у довкілля потрапляють шкідливі речовини (оксиди азоту NO_4 ксид вуглецю CO , неметанові леткі органічні сполуки), зокрема парникові гази (діоксид вуглецю CO_2 , метан CH_4 , оксид азоту (I) N_2O).

Особливо великої шкоди завдають фонтани, що вміщують у фонтануючому струмені сірководень (H_2S). Сірководень – сильний нервовопаралітичний газ із запахом тухлих яєць. Але при концентрації 200 мл/м^3 , і вище запах уже не відчувається. При концентрації більше 1000 мл/м^3 миттєво настає смерть від запинки дихання. Густина сірководню за повітрям 1,19. А це означає, що пасмурну безвітряну погоду сірководень може накопичуватись у низинах, ярах і компактно переміщуватись в бік населених пунктів або виробничих об'єктів.

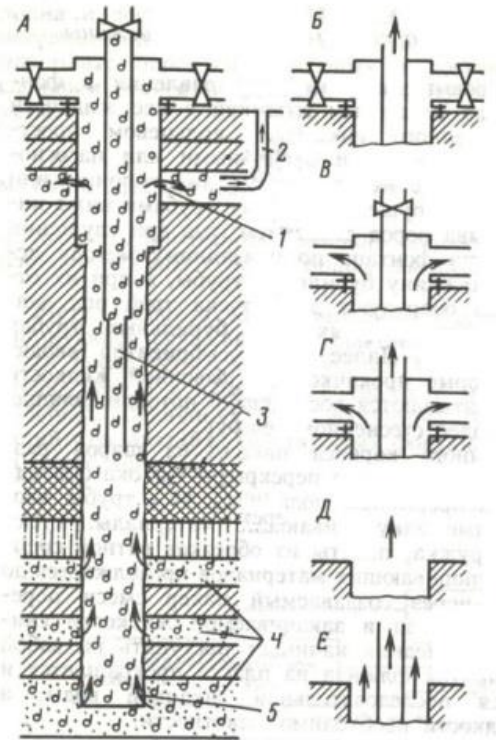


Рис 1. Схема фонтануючої свердловини (стрілками показані шляхи руху фонтануючого флюїду при різному стані гирла)

1 – пошкодження обсадної колони; 2 – водяна або структурна свердловини; 3 – бурильні (насосно-компресорні) труби; 4 – продуктивні горизонти; 5 – аварійна свердловина.

А – гирло герметичне, пошкоджена обсадна колона, фонтанування відбувається через водяну або структурну свердловину;

Б – фонтанування через трубний простір обсадних, бурильних або насосно-компресорних труб, затрубний простір герметизований;

В – свердловина фонтанує через маніфольди затрубного простору, трубний простір герметизований.

Г – свердловина фонтанує через трубний і затрубний простір;

Д – свердловина фонтанує в атмосферу при відсутності внутрішньої колони труб;

Е – фонтанування в атмосферу через трубний та затрубний простір при відсутності гирлового обладнання.

Мета та задачі досліджень. Основною метою статті є ознайомлення спеціалістів нафтогазової галузі з методами ліквідації газових і нафтових фонтанів. Задачі досліджень:

- класифікація відкритих газових та нафтових фонтанів;
- аналіз методів ліквідації відкритих газових та нафтових фонтанів;
- стратегія вибору ліквідації відкритих газових та нафтових фонтанів.

Виклад основного матеріалу.

Відкриті фонтани виникають у процесі буріння (рис.2), капітального ремонту (рис.3) та експлуатації свердловини (рис.4).



Рис. 2. Відкриті фонтани у процесі буріння свердловини



Рис. 3. Відкритий фонтан при капітальному ремонті



Рис. 4. Відкритий фонтан при експлуатації свердловини

Причини виникнення фонтанів можуть бути як пов'язані з виробничим процесом: геологічні, технологічні, технічні та організаційні, так і не пов'язані з виробництвом, що виникли внаслідок бойових дій або несанкціонованої розгерметизації гірлового обладнання з метою крадіжок конденсату.

У залежності від виду флюїду, що викидається із свердловини фонтани поділяються на газові, нафтові та водяні. Часто в процесі відкритого фонтанування свердловина викидає суміш флюїдів. У таких випадках фонтани класифікуються за характеристиками компонентів сумішей, що викидаються: газонафтові, газовадяні, газоконденсатні, водонафтові і т.д.

За дебітами газові фонтани умовно поділяються на слабкі – з дебітом газу 0,1–1 млн м³/добу, середні – 1–5 млн м³/добу, потужні – 5–10 млн м³/добу, надпотужні – більше 10 млн м³/добу. При кваліфікації нафтових фонтанів прийнято рахувати, що 1 т нафти еквівалентна 1000 м³ газу.

За конфігурацією струменя фонтани поділяють на компактні, розщеплені (розгалужені) та комбіновані. Компактний струмінь фонтану утворюється при фонтануванні через відкрите гирло. Розщеплений струмінь утворюється при витіканні флюїду через негерметичності фонтанної арматури або проти викидного обладнання, а також із гирла свердловини, заваленого буровим обладнанням і елементами вежі.

Комбінований струмінь фонтану складається із розжильової (розщепленої) складової та компактного струменя.

За числом одночасно працюючих свердловин фонтани поділяють на одиничні та групові. Групові фонтани виникають при кущовій розробці родовищ в умовах морських нафтових і газових промислів, заболоченій місцевості, тощо, коли на порівняно невеликій ділянці розташовують декілька свердловин.

За ступенем складності робіт з ліквідації відкритого фонтанування фонтани можна розділити на три групи: неускладнені, ускладнені та особливо складні. До неускладнених відносяться всі категорії відкритих фонтанів, у котрих є база для ліквідації фонтана – неушкоджена обсадна колона і доступне гирло.

До ускладнених відносяться фонтани з негерметичною обсадною колоною (при цьому виникають міжпластові перетоки, грифони) і доступне гирло. До особливо складних відносяться фонтани з недоступним гирлом (грифон на гирлі).

Ліквідація відкритих фонтанів шляхом герметизації гирла свердловини з подальшим глушінням рідиною.

Метод оснований на перевищенні вибірного тиску у фонтануючій свердловині над пластовим шляхом закачування рідини після герметизації гирла. Застосовується він тільки в тому випадку, коли у свердловину спущена, зацементована та випробувана на герметичність обсадна колона і доступне гирло. Порядок проведення операцій при ліквідації відкритих фонтанів цим методом показаний на рис. 5.

Однак, слід зауважити, що всі роботи з ліквідації відкритого фонтана, при якому із свердловини у складі флюїду виноситься сірководень, слід проводити тільки при палаючому струмені, з метою зменшення території ураженої продуктами фонтанування. Так успішно було проведено роботи з ліквідації сірководневих фонтанів на свердловинах 37 Тенгіз, 423 Карачачанка (Казахстан) та 3 Омар (Туркменія). При ліквідації цих фонтанів наведення противикидного обладнання на гирло фонтануючої свердловини при палаючому струмені проводилось як за допомогою гідронатягувача так і за допомогою канатної оснастки.

При ліквідації відкритих фонтанів, у свердловинах, що розташовані на шельфах морів, база для наведення противикидного обладнання може знаходитись на дні моря (свердловина 2 Обручево, Україна), на морській стаціонарній платформі (свердловина 36 Голіцина, Україна) та у проміжному підводному положенні між поверхнею води і дном. (Мексиканська затока)



Рис. 5. Порядок проведення операцій при ліквідації відкритих фонтанів шляхом герметизації гирла свердловини з подальшим глушінням рідиною.

Ліквідація відкритих фонтанів і перетоків газу шляхом створення штучного пакера в стовбурі свердловини.

Метод оснований на перевищенні вибірного тиску у фонтануючій свердловині над пластовим шляхом

закачування рідини після створення штучного пакера в кільцевому просторі між обсадною колоною і бурильними або насосно-компресорними трубами нижче місця пошкодження колони або між стінками свердловини і спущеними трубами нижче інтервалу можливого розриву порід тиском, створеним при глушінні свердловини. Для ліквідації фонтана за вказаним методом використовують спущені в свердловину бурильні труби, а при їх відсутності гірло свердловини облаштовують для спуску труб під тиском і на насосно-компресорних або бурильних трубах спускають пакерну решітку. Далі через лубрикатор вводять алюмінієві кулі, котрі прокачуються промивальною рідиною, виносяться із труб, підхоплюються висхідним потоком флюїду та заклинюються в найбільш стисненому поперечному перетині.

Після створення міцного каркасу пакера із алюмінієвих куль різного діаметру для забезпечення повного перекриття потоку флюїду через лубрикатор при безперервній подачі промивальної рідини в труби вводяться різні інертні закупорюючі матеріали: лоскутки гуми, алюмінієва стружка, пакети із обрізків ватного спецодягу, тощо. Намивання закупорюючих матеріалів продовжується до повного припинення перетікання суміші із флюїду і рідини, що закачується, через створюваний пакер. Після цього у свердловину закачується промивальна рідина необхідної густини. З метою попередження нових пошкоджень колони або розривів порід при прямому закачуванні, при необхідності, за допомогою снабінгової або колтубінгової установки у свердловину спускають труби, що вільно проходять через трубний простір попередньої колони, і проводять заміщення пластового флюїду промивальною рідиною необхідної густини.

Ліквідація відкритих фонтанів методом закачування рідин в стовбур аварійної свердловини на розрахунковому режимі.

Цей метод застосовується у тих випадках коли гірло свердловини не може бути загерметизовано із різних причин (порушено або недостатньо міцне кріплення свердловини, а тому існує імовірність виникнення грифонів при герметизації). Ліквідація відкритих фонтанів цим способом здійснюється закачуванням рідини глушіння в потік фонтануючого флюїду як через труби, що є у свердловині, так і через спеціально спущені для виконання цієї операції, а також через похило спрямовані свердловини, що з'єднані з фонтануючою. Похило спрямовані свердловини зазвичай з'єднуються з аварійною через тріщину гідророзриву, що утворюється в непроникному пропластку. Темп закачування і необхідний при цьому об'єм рідини закачування є важливими параметрами для правильного вибору наземного насосного обладнання, запасу рідини та проектування конструкції похило спрямованих свердловин.

Методика визначення основних характеристик газових фонтанів і вибору необхідних даних для

проведення розрахунків режимів їх глушіння шляхом закачування рідини в стовбур аварійної свердловини найбільш повно вивчені у ВНДІгаз та викладені у вигляді спеціальних методичних документів, беруться до уваги при проведенні робіт з ліквідації аварій.

Ліквідація відкритих фонтанів відведенням газу в похило спрямовані свердловини.

Цей метод застосовується тільки у тому випадку коли на гірлі фонтануючої свердловини утворився великий кратер, заповнений рідкою пульпою, а стовбури спеціально пробурених похило спрямованих свердловин надійно з'єднані зі стовбуром фонтануючої свердловини вище продуктивного пласта, з якого йде фонтанування. Метод базується на заповненні стовбура фонтануючої рідини свердловини пульпою із кратера при випусканні газу із похило спрямованих свердловин. Газ випускається із похило спрямованих свердловин при мінімально можливому протитиску на гірлі в атмосферу.

Ліквідація відкритих фонтанів інтенсивним вилученням газу через похило спрямовані свердловини із привибійної зони фонтануючої свердловини.

Тиск на вибої фонтануючої свердловини залежить від інтенсивності вилучення газу, зменшуючись із збільшенням останньої. Таким чином, при інтенсивному вилученні газу із привибійної зони аварійної свердловини через спеціально пробурені похило спрямовані свердловини можна створити глибоку лійку депресії і за рахунок цього знизити вибійний тиск до таких величин, при котрих рідина із кратера проникне в стовбур фонтануючої свердловини і заглушить фонтан.

Цей метод оснований на перехопленні потоку газу, що притікає до вибою аварійної свердловини. Для цього необхідно пробурити ряд похило спрямованих свердловин, розмістивши їх вибої в продуктивному горизонті навколо ствола аварійної свердловини. Оптимальне число похило спрямованих свердловин і відстані їх вибоїв від аварійного стовбура визначаються на підставі газодинамічних розрахунків з урахуванням максимально можливих дебітів похило спрямованих свердловин і розподілу пластового тиску в межах лійки депресії.

Ліквідація відкритих фонтанів методом заводнення газового пласта.

Метод оснований на зниженні притоку газу до вибою фонтануючої свердловини в результаті збільшення опору в продуктивному горизонті при введенні в нього рідини. При подачі води в пласт по кільцю, в центрі котрого знаходиться фонтануюча свердловина, з визначеними витратами, дебіт газу може скоротитися аж до повного припинення фонтанування. Цьому сприяє збільшення вибійного тиску за рахунок потрапляння в стовбур свердловини

води, що нагнітається в пласт. Закачування великої кількості води в продуктивний горизонт приводить до заводнення цілих ділянок і витіснення газу від вибою фонтануючої свердловини. Для здійснення цього методу необхідно пробурити ряд похило спрямованих свердловин для подачі води в продуктивний горизонт, що живить фонтан. Число свердловин, їхнє розташування, необхідний об'єм води та оптимальний режим її закачування визначаються гідродинамічними розрахунками.

Цей метод ефективний за умови, що потужність газового пласта невелика.

Ліквідація відкритих фонтанів за допомогою підземних ядерних вибухів.

Метод оснований на використанні підземних ядерних вибухів для ліквідації потужних фонтанів шляхом деформації гірського масиву. В результаті підземного ядерного вибуху відбувається обвал і ущільнення гірських порід, руйнування аварійного стовбура свердловини на значному інтервалі, що вимірюється сотнями метрів. Внаслідок обвалів стінок свердловини і зміщення гірського масиву в стовбурі утворюється пробка, що перекриває шлях виходу потоку флюїду на поверхню землі. Метод ліквідації аварійних свердловин підземними ядерними вибухами має ряд переваг перед іншими широковідомими методами ліквідації фонтанів: незалежність від дебіту, пластового тиску і швидкості витікання флюїду через гирло свердловини, відсутність небезпеки на гирлі для працюючого персоналу, для проведення вибуху достатньо пробурити тільки одну похило спрямовану свердловину.

Після ліквідації відкритого фонтана за допомогою підземного ядерного вибуху необхідно вжити додаткових заходів, щоб флюїд із аварійної свердловини не проник на поверхню землі. Для цього необхідно у стовбурі свердловини вище місця деформації колон установити цементні мости, а по периметру на певній відстані від гирла пробурити спостережно-розвантажувальні свердловини.

Цей метод був успішно використаний при ліквідації двох відкритих фонтанів у Узбекистані на Уртабульцькому (у [1] свердловина № 1П Піонерського родовища) та Памуцькому (у [1] свердловина №2 Молодіжного родовища) газоконденсатних родовищ та неуспішно при ліквідуванні відкритого фонтана на Хрестищенському газоконденсатному родовищі (Україна).

До вибору цього методу для ліквідації фонтана на свердловині 1П підійшли виважено, враховуючи, що свердловина фонтанує флюїдом, котрий містить 4,5% об'ємних сірководню. Не дали результату дії на аварійну свердловину із стовбурів спеціальних пробурених похило-спрямованих свердловин 10,15, 15а, 15б, 15в, 15г, 15д, 15е, 15ж, 16, 17, 17а, 17б у тому числі вибухом заряду хімічних вибухових матеріалів.

Після неуспішного використання ядерного вибуху на свердловині Хрестищенського ГКР фонтан було

ліквідовано методом герметизації гирла з подальшим глушінням рідиною.

Своєчасний вибір правильного методу ліквідації відкритого фонтана визначає успішність і безпеку робіт, а також скорочення часу та засобів на його ліквідацію. Правильна оцінка ситуації, що виникала у свердловині та на території навколо неї, і визначення шляхів ліквідації фонтана та його наслідків є найбільш відповідальною частиною процесу ліквідації аварії. При цьому одинаково неприпустимі як поспішність, паніка і прийняття недостатньо обґрунтованих рішень, та і умисне затягування часу з організації та виконання робіт з ліквідування аварії.

Інколи необхідно передбачати використання декількох методів ліквідації фонтана і одночасно проводити підготовчі роботи до їх застосування. Так, наприклад, при ліквідації відкритого фонтана та перетоків газу шляхом створення штучного пакера в стовбурі свердловини необхідно проводити також буріння похило-спрямованих свердловин для закачування рідин глушіння або інтенсивного вилучення газу. Якщо основний метод дасть позитивний результат, тоді похилоспрямовані свердловини, перепрофільовуються у експлуатації.

Висновки:

1. Вибір методу та складання оперативного плану з ліквідації відкритого фонтана повинен здійснити штаб з ліквідації аварії після глибокого аналізу геологічних, технологічних та організаційних обставин виникнення, стану розробки родовища, безпеки промислових і сільськогосподарських об'єктів та населених пунктів, що знаходяться поблизу. Штаб повинен керувати роботами з ліквідування відкритого фонтана і нести повну відповідальність за результати роботи та наслідки.

2. Метод ліквідації фонтана повинен бути надійним, швидко здійснюваним, безпечним для людей, не завдавати шкоди промисловим і сільськогосподарським об'єктам, населеним пунктам і довкіллю.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ / REFERENCES

1. Игrevский В.Н. Предупреждение и ликвидация нефтяных и газовых фонтанов. [текст]/ Игrevский В.Н., Манчушев К.Н. – М.: Недра. – 1974.
2. Малеванский В.Д. Гидродинамические расчеты режимов глушения фонтанов в нефтяных и газовых скважинах. [текст] / Малеванский В.Д., Шеберетов Е.В. – М.: Недра. – 1990.
3. Радковский В.Р. Оборудование и инструмент для предупреждения и ликвидации фонтанов [текст] / Радковский В.Р., Римчук Д.В., Ленкевич Ю.Е., Блохин О.А. – М.: Недра. – 1996.
4. Логанов Ю.Д. Открытые фонтаны и борьба с ними. [текст]/ Логанов Ю.Д., Соболевский В.В., Симонов В.М. – М.: Недра. – 1991.
5. Башарин Ю.Н. Предупреждение и ликвидация флюидопроявлений и открытых фонтанов при строительстве, эксплуатации, ремонте нефтяных и га-

зових скважин. – Гомель: ЧУП ЦНТУ «Развитие». – 2007.

6. Сайт Южно-Российской противofонтанной части URL: <http://urpvh.ru/> (звернення 13.08.2019)

7. Окончание операции по глушению открытых фонтанов в Кувейте. *Экспресс-информ. Нефтепромысловое дело. 1993. Вып. 1. С. 33 – 40.*

8. Kuwait on Fire – 25 year anniversary.

URL:<http://www.safetyboss.com/2016/01/11/kuwait-on-fire-25-year-anniversary/> (дата звернення 13.08.2019)

9. History of Halliburton.

URL:<http://www.halliburton.com/en-US/ps/production-solutions/history-of-halliburton.page> (дата звернення 13.08.19)

ABSTRACT (IN UKRAINIAN)

Мета. У статті комплексно розглянуто види, причини та методи ліквідації відкритих фонтанів.

Методика. Літературний огляд відомих технічних рішень при ліквідації відкритих фонтанів. Проаналізовано всі методи ліквідації відкритих газових та нафтових фонтанів.

Результати. Стаття знайомить спеціалістів нафтогазової галузі з методами ліквідації газових і нафтових фонтанів.

Практична значимість. Наведена схема фонтануючої свердловини, на котрій показані шляхи руху фонтануючого флюїду при різному стані гирла. Запропонована класифікація відкритих газових та нафтових фонтанів.

Наукова новизна. Подано стратегії вибору способу ліквідації відкритих газових і нафтових фонтанів.

Ключові слова: відкритий фонтан, метод, похило спрямована свердловина, гирло, герметизація, глушіння, осадна колона, пакер, бурильні труби, флюїд, підземний ядерний вибух.

ABSTRACT (In Russian)

Цель. В статье комплексно рассмотрены виды, причины и методы ликвидации открытых фонтанов.

Методика. Литературный обзор известных технических решений при ликвидации открытых фонтанов. Проанализированы все методы ликвидации открытых газовых и нефтяных фонтанов.

Результаты. Статья знакомит специалистов нефтегазовой отрасли с методами ликвидации газовых и нефтяных фонтанов.

Практическая значимость. Приведена схема фонтанирующей скважины, на которой показаны пути движения фонтанирующего флюида при разном состоянии устья. Предложена классификация открытых газовых и нефтяных фонтанов.

Научная новизна. Представлены стратегии выбора ликвидации открытых газовых и нефтяных фонтанов.

Ключевые слова: открытый фонтан, метод, наклонно направленная скважина, устье, герметизация, глушение, осадная колонна, пакер, бурильные трубы, флюид, подземный ядерный взрыв.

ABOUT AUTHORS

Д.В.Римчук, к.т.н., доцент, Національний технічний університет "Харківський політехнічний інститут", Харків, Україна.

С.В.Цибулько, інженер, провідний конструктор СК «Регіон», Харків, Україна